

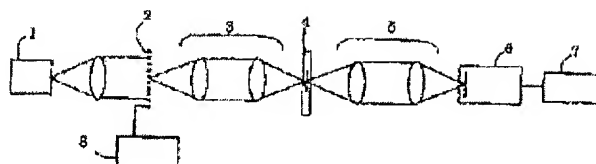
OPTICAL DEVICE

Publication number: JP2001117010
Publication date: 2001-04-27
Inventor: TAKAOKA HIDEYUKI
Applicant: OLYMPUS OPTICAL CO
Classification:
- international: **G02B21/00; G02B27/46; G02B21/00; G02B27/46;**
(IPC1-7): G02B21/00; G02B27/46
- European:
Application number: JP19990299771 19991021
Priority number(s): JP19990299771 19991021

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2001117010

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate the need of considering the influence of mechanical vibration or the like associated with the relative movement of a spatial modulation pattern and to realize high-speed efficient observation in the case of projecting the spatial modulation pattern so that the sectioning image of a sample may be observed. **SOLUTION:** This optical device is provided with a light source device 1 whose light emitting intensity is changed hourly, the spatial modulation pattern 2, a projection optical system 3 projecting the pattern 2 to the sample 4, an image-formation optical system 5 forming the image of the sample 4 modulated by the pattern 2 as a modulated image, a phase control means 8 for controlling the relative spatial phase of the pattern 2 to the sample 4, an image pickup means 6 picking up plural modulated images whose spatial phases are respectively different in synchronization with the timewise change of the light emitting intensity of the device 1, and an image processing means 7 forming the image of the sample 4 from the plural modulated images picked up by the means 6.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-117010

(P2001-117010A)

(43)公開日 平成13年4月27日(2001.4.27)

(51)Int.Cl.⁷

G 0 2 B 21/00
27/46

識別記号

F I

C 0 2 B 21/00
27/46

テーマコード(参考)

2 H 0 5 2

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平11-299771

(22)出願日 平成11年10月21日(1999. 10. 21)

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 高岡 秀行

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(74)代理人 10009/777

弁理士 韭澤 弘 (外7名)

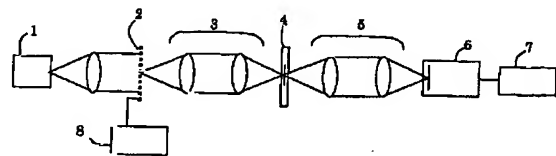
Fターム(参考) 2H052 AA08 AC04 AC10 AC30 AF14
AF25

(54)【発明の名称】 光学装置

(57)【要約】

【課題】 空間変調パターンを投影して試料のセクション像を観測する際、空間変調パターンの相対的な移動に伴う機械的な振動等の影響を考慮する必要がなく高速で効率的な観察を行うことができる。

【解決手段】 時間的に発光強度が変化する光源装置1と、空間変調パターン2と、空間変調パターン2を試料4に投影する投影光学系3と、空間変調パターン2により変調を受けた試料4の像を変調像として結像するための結像光学系5と、試料4に対する空間変調パターン2の相対的な空間位相を制御するための位相制御手段8と、空間位相がそれぞれ異なる複数の変調像を、光源装置1の発光強度の時間的な変化に同期して撮像する撮像手段6と、撮像手段6により撮像された複数の変調像から試料4の像を形成する画像処理手段7とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 時間的に発光強度が変化する光源装置と、
空間変調パターンと、
前記空間変調パターンを試料に投影する投影光学系と、
前記空間変調パターンにより変調を受けた前記試料の像を変調像として結像するための結像光学系と、
前記試料に対する前記空間変調パターンの相対的な空間位相を制御するための位相制御手段と、
前記空間位相がそれぞれ異なる複数の前記変調像を、前記光源装置の発光強度の時間的変化に同期して撮像する撮像手段と、
前記撮像手段により撮像された複数の前記変調像から前記試料の像を形成する画像処理手段と、を有することを特徴とする光学装置。

【請求項2】 前記位相制御手段は、前記光源装置の時間的な発光強度の変化に同期して動作することを特徴とする請求項1記載の光学装置。

【請求項3】 前記位相制御手段は、前記空間位相を時間的に連続して変化させることを特徴とする請求項1又は2記載の光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学装置に関し、特に、空間変調パターンを投影して試料のセクショニング像を観測する光学装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】試料の内部を選択的に観察するための手法として、共焦点観察法が知られている。図7は、共焦点観察法を行うための光学系を示している。共焦点観察法では、照明光学系33における試料4の観察面38と共役な位置にピンホール32を配置し、結像光学系35の同じく観察面38と共役な位置にもピンホール36を配置する。観察面38から外れた位置からの光は、結像光学系35のピンホール36を通過しないため、ほとんど検出されない。したがって、観察面38のみの像を選択的に観察することができる。

【0003】しかしながら、ピンホールを通しての照明及び結像となるため、照明光及び検出光の光量が少なく、明るい観察像を得ることは困難であった。

【0004】この問題を解決するものとして、WO98/45745に開示された手法があげられる。

【0005】この手法では、図8にそのための光学系を示すように、照明光学系43における試料4の観察面48と共役な位置に、移動可能な周期的な空間変調パターン42を配置し、このパターンの空間位相を変化させて3枚以上の画像を撮像し、この複数の画像間の演算により試料内部の断層像を得るというものである。観察面48の像においては空間変調パターンの像が重なって観測されるが、観察面48から外れた位置では空間変調パ

ーンの像はぼける。したがって、空間変調パターンの像が含まれていない面からの情報を取り除き、残りの情報から空間変調パターンの像の情報を取り除くような画像演算を行うことにより、目的とする深さ位置の観察面のみの情報、すなわち、セクショニング像を得ることができる。

【0006】この手法によれば、空間変調パターン42を例えばスリット状とすることにより、ピンホールを用いた共焦点観察法よりも明るい観察像を得ることができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記の手法において、空間変調パターンを投影し、この空間変調パターンの空間位相を変化させるには、試料に対して空間変調パターンを相対的に移動させる必要がある。最も簡易的にこれを実現するには、平板状の基板等に作成された空間変調パターンを、ピエゾ素子等により機械的に駆動させることが考えられる。

【0008】一方、時間変化に対する試料の観測や、リアルタイムでの画像計測等の要求にも応えるためには、空間変調パターンの移動を非常に高速に行う必要がある。したがって、具体的には、空間変調パターンの移動と静止を高速に繰り返す必要がある。空間変調パターンを静止させる際、空間変調パターンに急激に静止するための加速度が加わり、それにより空間変調パターン自体がわずかに振動してしまう等、ただちに静止させることはできず、完全な静止までにある程度の時間を要することになる。したがって、空間変調パターンを移動した後、変調像を撮像するまでの間に待ち時間が発生してしまう。このため、空間変調パターンの移動と静止を繰り返す方法では高速化に限界がある。

【0009】本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、空間変調パターンを投影して試料のセクショニング像を観測する光学装置において、空間変調パターンの相対的な移動に伴う機械的な振動等の影響を考慮する必要がなく、高速、かつ、効率的な観察を行うことができる手法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の光学装置は、(1) 時間的に発光強度が変化する光源装置と、空間変調パターンと、前記空間変調パターンを試料に投影する投影光学系と、前記空間変調パターンにより変調を受けた前記試料の像を変調像として結像するための結像光学系と、前記試料に対する前記空間変調パターンの相対的な空間位相を制御するための位相制御手段と、前記空間位相がそれぞれ異なる複数の前記変調像を、前記光源装置の発光強度の時間的変化に同期して撮像する撮像手段と、前記撮像手段により撮像された複数の前記変調像から前記試料の像を形成する

画像処理手段と、を有することを特徴とするものである。

【0011】図1に、本発明による光学装置の構成を示し、本発明の手段と作用を説明する。本発明の光学装置は、光源装置1、空間変調パターン2、投影光学系3、結像光学系5、位相制御手段8、撮像手段6、画像処理手段7、から構成されている。光源装置1からの光は、まず、空間変調パターン2に照射される。空間変調パターン2は、投影光学系3により試料4に投影される。空間変調パターン2が投影された試料4の像は結像光学系5により結像され、撮像手段6により撮像される。撮像された変調像は画像処理手段7によって画像処理される。

【0012】試料4に対する空間変調パターン2の相対的な空間位相は位相制御手段8によって制御される。ある空間位相の空間変調パターンにより試料4の変調像を撮像した後、位相制御手段8により空間変調パターン2の空間位相を変化させて再び試料4の変調像を撮像する。この動作を複数回繰り返す、得られた複数の変調像を画像処理することにより、試料4の像が形成される。複数の変調像から試料4の像を求める復調方法については、WO98/45745や、本出願人による特願平10-111644号に記述された方法を用いることができる。それらの手法を用いることにより、試料4内の目的とする深さ位置のセクショニング像を得ることができる。

【0013】なお、空間変調パターン2の位相は、試料4に対して相対的に変位させられればよい。空間変調パターン2自身を固定し、その他の光学系、例えば投影光学系3の一部を変位させる等によっても、空間位相を変位させることは可能である。

【0014】本発明の光学装置における光源装置1は、その発光強度が時間的に変化する。例えば、非常に短時間の間に発光強度の上昇と低下を繰り返すような光源を用いた場合、空間変調パターン2に光が照射されている時間は短時間であり、この短時間における変調像が撮像されるため、発光時間が十分短ければ空間変調パターン2の移動・静止に伴う機械的振動等による観測像への影響をなくすることができる。

【0015】(2) また、上記(1)において、前記位相制御手段は、前記光源装置の時間的な発光強度の変化に同期して動作するように構成することができる。

【0016】したがって、光源装置1の発光のタイミングに合わせて、空間変調パターン2の空間位相を変位させることができる。これにより、複数の変調像をより効率良く取得することができる。

【0017】(3) (1)あるいは(2)において、前記位相制御手段は、前記空間位相を時間的に連続に変化させるように構成することができる。

【0018】この場合、空間変調パターン2を静止させ

る機構は必要ないという利点がある。光源装置1の発光強度の変化に要する時間が、空間変調パターン2の空間位相の変化に要する時間に対して十分短いように構成することで、実現可能である。なお、前述のWO98/45745にも、空間変調パターンの空間位相を連続的に変化させる構成についての記述があるが、光源については全く言及されていない。本発明のように、光源装置1からの発光強度が時間的に変化する、これに同期して、変調像を撮像する構成と、空間位相を時間的に連続して変化させる構成とを組み合わせることにより、高速で簡便なセクショニング像の観測を行うことができる。

【0019】(4) さらに、(1)～(3)の何れかにおいて、前記光源装置からの光が周期的に明滅を繰り返すようにすることができる。

【0020】例えば、ある一定の時間間隔でフラッシュ状に発光する光源を用いることができる。これにより、光源装置1、位相制御手段8、撮像手段6のそれぞれを同一の周波数で同期させ、高速、かつ、効率良く観測を行うことができる。

【0021】(5) また、(1)～(3)の何れかにおいて、時間的に制御可能なシャッターを有することができる。

【0022】前述のフラッシュ光源を用いない場合でも、周期的に高速動作するシャッターを光源装置1の射出部等に設けることで、1回の発光時間が短く周期的な光源装置を実現することができる。

【0023】(6) (4)又は(5)において、前記試料に対する前記空間位相の相対速度が一定であり、前記位相制御手段により前記空間位相が 2π 変化する時間内に前記光源装置の明滅が m 回繰り返され(ただし、 m は2以上の整数)、これに伴い撮像された m 枚の変調像から試料の像を形成するように構成することができる。

つまり、空間変調パターン2の空間位相が一定の速度で変位するようにし、空間変調パターン2の丁度1周期の時間で画像処理に必要な数の変調像を撮像するように構成することができる。これにより、位相制御手段8の構成が簡素化され、光源装置1の明滅のタイミングを適切に設定することで、効率良く観測像を得ることができる。

【0024】(7) また、(1)～(6)の何れかにおいて、前記空間変調パターンが縞状の透過率分布を有するパターンとするのが最も簡易的で好ましい。これらにより、画像処理手段7による画像演算が比較的簡単なものになることが予想される。

【0025】(8) また、(6)において、前記試料の像を形成するために必要な画像の枚数が3枚であり、前記空間変調パターンが等間隔の平行な縞状の透過率分布を有するパターンであって、前記光源装置の1回の発光時間を t 、前記空間変調パターンの縞間隔を d 、前記空間変調パターンの縞に垂直な方向の相対的な移動速度

を v としたとき、以下の式が成り立つように構成することができる。

$$t < d/30v$$

3枚の変調像から試料4の像を求める場合、各変調像における空間変調パターン2のそれぞれの空間位相は、おおよそ 0° 、 120° 、 240° となるように設定することができる。ただし、空間変調パターン2の縞が試料4に対して相対的に一定速度で移動している場合、光源装置1の発光時間内も縞は移動しているため、各変調像における空間位相はある程度の広がりを持つ。つまり、変調像に投影されている縞の幅が実質上広がることになる。この空間位相の広がりによる影響を少なくするための条件として式(1)が成り立つように構成すると、この場合の各変調像における空間位相の広がりを $\pm 6^\circ$ 未満に抑えることができる。

【0027】(9) さらに、(8)において、前記移動速度 v が調整可能であるように構成することができる。

【0028】これにより、光源装置1の発光時間や発光周期に合わせて空間変調パターン2の相対的な移動速度を変更したり、観測の時間分解や信号強度の程度に応じて移動速度を調整することができる。

【0029】(10) また、(4)～(9)何れかにおいて、前記光源装置の1回の発光時間又は発光の周期が調整可能であるように構成することができる。

【0030】これにより、例えば上記(8)で述べた縞の広がりを可能な限り抑えたい場合には、1回の発光の発光時間を短くしたり、一方で1枚の変調像に対する照明光量を多くしたい場合には、発光時間を長くしたりす

$$Tr = \{1 + \cos(2\pi x/d)\} / 2$$

で表されるように構成できる。この空間変調パターン12は、コンピュータ22で制御されるピエゾ素子19によって、その空間位相が制御される。ここで、空間位相とは、試料4と試料4上に投影される空間変調パターン12の像の相対的な位置関係のことである。また、空間位相が制御されるとは、試料4と空間変調パターン12の像が予め決められた関係を持って相対的に移動することをいう。

【0035】ピエゾ素子19は、空間変調パターン12をその縞と垂直な方向(図3の x 方向)に等速度で移動させる。そして、後述する方法に従い、パターンが距離 d だけ移動する間に3枚の変調像が撮像される。撮像された3枚の変調像を用いて、コンピュータ22で復調のための画像処理が行われる。復調の方法としては、WO

$$t = t_4 - t_3$$

となる。また、発光周期 T は、

$$T = t_3 - t_1 = t_6 - t_3 = t_7 - t_6$$

で表される。本実施例では、

$$t = 5 \mu s$$

$$T = 0.01 s$$

【0026】

・・・(1)

ることができる。また、観測の時間分解の程度に応じて、発光周期を調整することも可能である。したがって、様々な観測条件に最も適した発光時間及び発光周期を選択することができる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、本発明の光学装置の実施例について説明する。

【0032】図2には、本発明による光学装置の例として、落射型光学顕微鏡装置が示されている。以下に、この光学装置の構成と作用について述べる。

【0033】図2において、光源装置1からの光は、コレクタレンズ13により空間変調パターン12を照射し、このパターンが投影レンズ14を通過し、ビームスプリッター16により反射され、対物レンズ15により試料4に照射される。変調を受けた試料4の像は、対物レンズ15を通過し、ビームスプリッター16を透過して、結像レンズ17によりCCDカメラ18に達する。CCDカメラ18で撮像された複数の変調像は、一時的にコンピュータ22で記憶される。

【0034】一方、空間変調パターン12は、本実施例では図3に示すように等間隔 d で並んだ縞模様が用いられる。この縞模様はガラスや樹脂等の透明な部材上に形成されている。そして、縞の透過率分布は、図4で示されるような正弦波関数で与えることができる。具体的には、透過率を Tr 、縞と垂直な方向の座標を x としたとき、

$$Tr = \{1 + \cos(2\pi x/d)\} / 2$$

98/45745や、本出願人による特願平10-111644号に開示された方法を用いることができる。画像処理の結果形成された像は、表示装置21において表示される。

【0036】本実施例における光源装置1には、フラッシュランプ11が組み込まれている。図5(a)には、このフラッシュランプ11の発光タイミングが示されている。図5(a)の縦軸は発光強度、横軸は時刻を表している。

【0037】フラッシュランプの1回の発光における発光時間 t は、発光ピークにおける半値全幅で定義することにする。図5(a)においては、例えば時刻 t_3 から t_4 までの間が1回の発光時間、

$$t = t_4 - t_3$$

$$T = t_3 - t_1 = t_6 - t_3 = t_7 - t_6$$

と設定されている。

【0038】さらに、図5(b)には、CCDカメラ18の電子シャッターの動作タイミングが示されている。

電子シャッターの開閉は、フラッシュランプ11と同一の周期Tで動作する。CCDカメラ18の電子シャッターは、フラッシュランプ11の1回の発光時間よりやや長い時間開けておくことができる。例えば、時刻t3からt4までの発光に対する撮像においては、電子シャッターはt3よりも早い時刻t2に開く動作を行い、t4よりも遅い時刻t5に閉じる動作を行う構成にすることができる。

【0039】一方、空間変調パターン12は、縞と垂直な方向に等速度で移動し、3枚の変調像が等しい時間間隔で撮像される。すなわち、それぞれの変調像における空間位相はそれぞれ約 0° 、 120° 、 240° と表すことができる。つまり、各変調像において、空間変調パターン12の縞の位置は $d/3$ ずつ変化している。したがって、空間変調パターン12の空間位相の移動速度を v とすると、

$$v = d/3T$$

となる。フラッシュの1回の発光時間内に空間変調パターン12は v だけ移動することになる。このとき、 $vt = dt/3T \approx 1.67 \times 10^{-4} d$ したがって、式(1)を満たしている。また、この式は1回の発光時間の間に動く縞の量が、縞間隔の0.0167%程度であることを示している。空間位相で表すと、 0.06° 程度である。これは、1枚の変調像を撮像している間の縞の移動が十分無視できる程度であることを示している。

【0040】なお、光源装置1、CCDカメラ18、空間変調パターン12は全てコンピュータ22により制御され、それぞれを最適なタイミングで動作させることが可能である。例えば、試料4からの信号が微弱な場合に、光源装置1の発光時間を長くし、これに伴い空間変調パターン12の移動速度を抑えて S/N を向上させるようなことが可能である。

【0041】また、本実施例で用いるフラッシュランプ11には1回の発光で放射されるエネルギーが連続光光源よりも大きく、高周波で動作するものを用いることができる。本実施例で用いたフラッシュランプ11の周期も、0.01秒、つまり周波数が100Hzであるので、変調像3枚一組で1枚の復調像を得るとしたときに、およそ33Hzという略リアルタイムでの観察が可能である。

【0042】なお、本実施例では、表面に縞模様が形成された透明な部材を光路中に配置して、投影レンズ14を介して空間変調パターン12を試料4に投影しているが、図6に示すように、干渉計100で干渉縞104を形成し、この干渉縞104を空間変調パターン12として用いることもできる。この場合、空間変調パターンは、直接試料4に形成されるので、図2に示すような投

$$t < d/30v$$

【9】 前記移動速度 v が調整可能であることを特徴と

影レンズ14は不要となる。また、試料4に対して空間変調パターンを移動させる場合は、干渉計の参照ミラー103を移動させればよい。なお、図6中、101は光源、102はハーフミラー、105はシャッター、106はミラーである。

【0043】以上の本発明の光学装置は例えば次のように構成することができる。

【0044】〔1〕 時間的に発光強度が変化する光源装置と、空間変調パターンと、前記空間変調パターンを試料に投影する投影光学系と、前記空間変調パターンにより変調を受けた前記試料の像を変調像として結像するための結像光学系と、前記試料に対する前記空間変調パターンの相対的な空間位相を制御するための位相制御手段と、前記空間位相がそれぞれ異なる複数の前記変調像を、前記光源装置の発光強度の時間的な変化に同期して撮像する撮像手段と、前記撮像手段により撮像された複数の前記変調像から前記試料の像を形成する画像処理手段と、を有することを特徴とする光学装置。

【0045】〔2〕 前記位相制御手段は、前記光源装置の時間的な発光強度の変化に同期して動作することを特徴とする上記1記載の光学装置。

【0046】〔3〕 前記位相制御手段は、前記空間位相を時間的に連続して変化させることを特徴とする上記1又は2記載の光学装置。

【0047】〔4〕 前記光源装置からの光が周期的に明滅を繰り返すことを特徴とする上記1～3の何れか1項記載の光学装置。

【0048】〔5〕 前記光源装置は、時間的に制御可能なシャッターを有することを特徴とする上記1～3の何れか1項記載の光学装置。

【0049】〔6〕 前記試料に対する前記空間位相の相対速度が一定であり、前記位相制御手段により前記空間位相が 2π 変化する時間内に前記光源装置の明滅が m 回繰り返され(ただし、 m は2以上の整数)、これに伴い撮像された m 枚の変調像から試料の像を形成することを特徴とする上記4又は5記載の光学装置。

【0050】〔7〕 前記空間変調パターンが縞状の透過率分布を有するパターンであることを特徴とする上記1～6の何れか1項記載の光学装置。

【0051】〔8〕 前記試料の像を形成するために必要な画像の枚数が3枚であり、前記空間変調パターンが等間隔の平行な縞状の透過率分布を有するパターンであって、前記光源装置の1回の発光時間を t 、前記空間変調パターンの縞間隔を d 、前記空間変調パターンの縞に垂直な方向の相対的な移動速度を v としたとき、以下の式が成り立つことを特徴とする上記6記載の光学装置。

$$【0052】$$

... (1)

する上記8記載の光学装置。

【0053】〔10〕 前記光源装置の1回の発光時間又は発光の周期が調整可能であることを特徴とする上記4～9の何れか1項記載の光学装置。

【0054】〔11〕 時間的に発光強度が変化する光源装置と、空間変調パターンを直接試料に形成する光学系と、前記空間変調パターンにより変調を受けた前記試料の像を変調像として結像するための結像光学系と、前記試料に対する前記空間変調パターンの相対的な空間位相を制御するための位相制御手段と、前記空間位相がそれぞれ異なる複数の前記変調像を、前記光源装置の発光強度の時間的な変化に同期して撮像する撮像手段と、前記撮像手段により撮像された複数の前記変調像から前記試料の像を形成する画像処理手段と、を有することを特徴とする光学装置。

【0055】

【発明の効果】以上の説明から明かなように、本発明の光学装置によれば、空間変調パターンを投影して試料のセクション像を観測する光学装置において、時間的に発光強度が変化する光源装置を用い、その発光強度の時間的な変化に同期して試料の変調像を撮像することにより、空間変調パターンの相対的な移動に伴う機械的な振動等の影響を考慮する必要がなく、高速、かつ、効率的な観察を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光学装置の構成を示す図である。

【図2】本発明による1実施例の落射型光学顕微鏡装置の構成を示す図である。

【図3】空間変調パターンの例を示す図である。

【図4】図3の空間変調パターンの透過率分布を示す図である。

【図5】本発明の実施例における光源装置の発光とCCDカメラのシャッターの動作タイミングを示す図である。

【図6】図2の実施例の変形例の構成を示す図である。

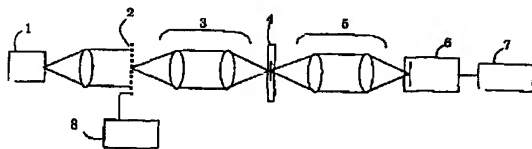
【図7】従来の共焦点観察法を行うための光学系の構成を示す図である。

【図8】従来の空間変調パターンを投影して試料セクション像を観察する光学装置の構成を示す図である。

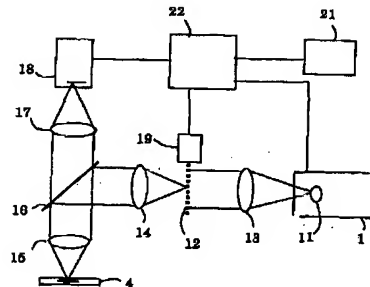
【符号の説明】

- 1…光源装置
- 2…空間変調パターン
- 3…投影光学系
- 4…試料
- 5…結像光学系
- 6…撮像手段
- 7…画像処理手段
- 8…位相制御手段
- 11…フラッシュランプ
- 12…空間変調パターン
- 13…コレクタレンズ
- 14…投影レンズ
- 15…対物レンズ
- 16…ビームスプリッター
- 17…結像レンズ
- 18…CCDカメラ
- 19…ピエゾ素子
- 21…表示装置
- 22…コンピュータ
- 31…光源
- 32…ピンホール
- 33…照明光学系
- 35…結像光学系
- 36…ピンホール
- 37…検出器
- 38…観察面
- 41…光源
- 42…空間変調パターン
- 43…照明光学系
- 45…結像光学系
- 47…撮像手段
- 48…観察面

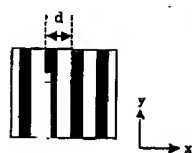
【図1】



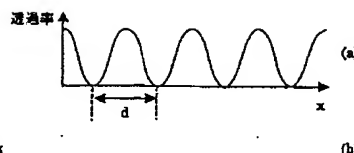
【図2】



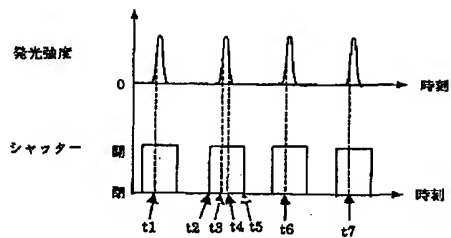
【図3】



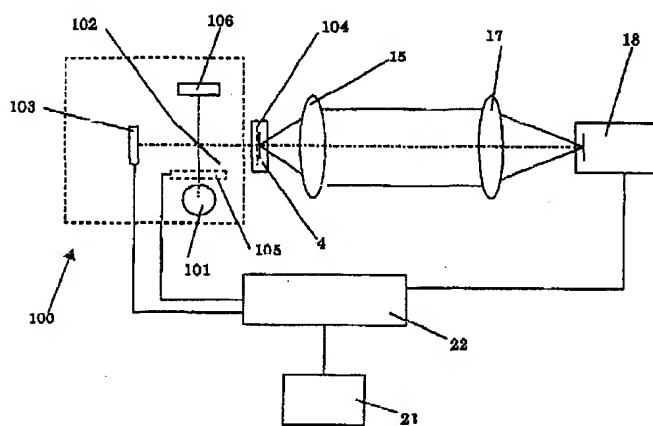
【図4】



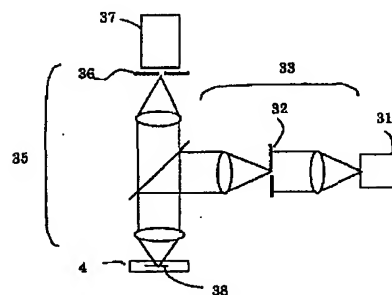
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

